

# 「革新型蓄電池先端科学基礎研究事業」

## 中間評価報告書（案）概要

### 目 次

分科会委員名簿 .....	1
プロジェクト概要 .....	2
評価概要（案） .....	10
評点結果 .....	16
（参考）評価項目・評価基準 .....	18

## はじめに

本書は、第35回研究評価委員会において設置された「革新型蓄電池先端科学基礎研究事業」(中間評価)の研究評価委員会分科会(第1回(平成25年7月8日))及び現地調査会(平成25年6月24日))において策定した評価報告書(案)の概要であり、NEDO技術委員・技術委員会等規程第32条の規定に基づき、第36回研究評価委員会(平成25年11月6日)にて、その評価結果について報告するものである。

平成25年11月

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構  
研究評価委員会「革新型蓄電池先端科学基礎研究事業」分科会  
(中間評価)

分科会長 恩田 和夫

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 研究評価委員会

「革新型蓄電池先端科学基礎研究事業」(中間評価)

### 分科会委員名簿

(平成25年7月現在)

	氏名	所属、役職
分科会長	おんだ かずお 恩田 和夫	豊橋技術科学大学 名誉教授
分科会長代理	みやしろ はじめ 宮代 一	一般財団法人 電力中央研究所 材料科学研究所 上席研究員
委員	いなば みのる 稲葉 稔	同志社大学 理工学部 機能分子・生命化学科 教授
	こまば しんいち 駒場 慎一*	東京理科大学 理学部 応用化学科 教授
	たつみ さご まさひろ 辰巳砂 昌弘	大阪府立大学 大学院工学系研究科 教授
	なおい かつひこ 直井 勝彦	東京農工大学 大学院工学研究院 応用化学部門 教授
	にしな たつお 仁科 辰夫	山形大学 大学院理工学研究科 教授

敬称略、五十音順

注\*：実施者の一部と同一組織であるが、所属部署が異なるため（実施者：東京理科大学 理工学部 工業化学科）「NEDO 技術委員・技術評価委員規程(平成23年7月7日改正)」第34条(評価における利害関係者の排除)により、利害関係はないとする。

## プロジェクト概要

		最終更新日	2013年6月28日
プログラム名	エネルギーイノベーションプログラム		
プロジェクト名	革新型蓄電池先端科学基礎研究事業	プロジェクト番号	P09012
担当推進部/担当者	スマートコミュニティ部 室賀茂樹 (2009年11月1日～現在) 尾崎義幸 (2011年12月1日～現在) 石塚隆史 (2012年2月1日～現在) 川本浩二 (2012年11月1日～現在) 井上利弘 (2009年10月1日～2011年11月30日) 鈴木直 (2009年10月1日～2012年1月31日) 黒柳考司 (2009年12月1日～2012年11月30日)		
0. 事業の概要	<p>地球温暖化や石油資源の枯渇、エネルギー消費の拡大等に対応するためには、エネルギーの効率的な利用、石油代替エネルギーへの移行への取り組みを強力に推し進める必要がある。とりわけ、運輸部門ではCO<sub>2</sub>排出や石油依存度を低減するために、多様なエネルギーでかつ低環境負荷で走行することができる電気自動車 (EV)、プラグインハイブリッド自動車 (PHEV)、燃料電池自動車等の次世代クリーンエネルギー自動車の開発・普及が期待されている。</p> <p>蓄電池技術は、これら次世代自動車の本格普及にとって核となるキーテクノロジーであると共に、今後、大きな市場拡大が想定される成長産業分野である。その一方で、本格的電動車両用の実現には、蓄電池の大幅な高エネルギー密度化とコストダウンが不可欠とされており、リチウムイオン電池 (LIB) の飛躍的な性能向上、およびLIBに代わる新原理の蓄電池開発が必要となる。</p> <p>本研究事業では、電池の基礎的な反応メカニズムを解明することによって、既存の蓄電池の更なる安全性等の信頼性向上、並びにガソリン車並の走行性能を有する本格的電動車両用の革新型蓄電池の実現に向けた基礎技術の確立に取り組む。具体的には、蓄電池の革新を目指した基礎研究を行うことにより、2030年に500Wh/kgのエネルギー密度を有した蓄電池の開発に結びつく基礎的な知見とその開発指針を得ること及び開発した解析技術を新ステージのプラットフォーム化を図り、有機的に産業への展開を目指す。</p> <p>この目標達成に向けて、現行のLIBの飛躍的な性能向上に結びつく電池反応の解明、これによる電池内の現象解明、電池材料の革新を目指すことに加え、LIBの制限を突破する革新型蓄電池の開発に結びつく基本的な指針を提出する。また、電池の研究開発に関する情報の交差点としての役割を果たし、知見の蓄積を図る。その一環として、海外の研究機関等と国際連携を進めるとともに国際ワークショップなどを積極的に開催する。さらに、蓄電池技術の世界における優位性を維持発展させて揺るぎないものにするため、長期的視野に立って、教育・研究機関の活性化を目指し、若手研究者・技術者を育成する。</p>		
I. 事業の位置付け・必要性について	<p>本研究事業は、我が国が革新的なエネルギー技術の開発、導入・普及によって、各国に先んじて次世代型のエネルギー利用社会の構築に取り組んでいくことを目的として経済産業省が取りまとめた「エネルギーイノベーションプログラム」の一環として実施する。</p> <p>本研究事業の成果に基づき、LIBの飛躍的な性能向上、安全性等の信頼性向上、並びに革新型蓄電池の早期実用化が実現されることによって、電動車両等の航続距離が伸びる等、走行性能向上に貢献することが期待される。ガソリン車と比較してCO<sub>2</sub>排出量が1/4程度になる電動車両等が普及することにより、CO<sub>2</sub>排出量の大幅削減に貢献するとともに、我が国の自動車産業、蓄電池関連産業の国際競争力の強化に資することができる。</p> <p>次世代の蓄電池開発に関して国家主導で激しい開発競争が繰り広げられている。革新的な電池の実現には、従来からの延長線のアプローチではなく、研究の高さ・深さ及びスピード感を持った展開が求められる。原理に立ち返った基礎研究上のブレークスルーが不可欠であり、現状のLIBとはキャリア、材料、構造が全く異なる新概念を導出する必要がある。このため、産学官が連携したオールジャパンの体制で技術の集中化を図り、電気化学的な基礎的アプローチ、最先端評価・分析技術に関する包括的な研究に取り組み、基礎技術の確立を進める必要がある。</p>		

II. 研究開発マネジメントについて										
事業の目標	<p>各研究開発項目の基本目標は以下の通りである。</p> <p>① 高度解析技術開発  これまででない世界最高性能の電池in situ解析技術を開発する。特に、ラボ測定に留まらず、量子ビーム施設を用いた電池測定に特化した高度解析技術の開発を行う。得られた成果を材料革新、革新型蓄電池の開発に活かす。</p> <p>② 電池反応解析  主にラボ測定による電池研究のためのin situ解析技術を確立する。その手法を用い、LIBの反応について、反応過程と速度論的把握を行い、反応速度(レート)決定要因、劣化要因、不安全現象過程を明らかにする。得られた成果を材料革新と革新型蓄電池の開発に活かす。</p> <p>③ 材料革新  主に、ex situ解析技術を基にしたLIBの分析結果を基に、LIBの革新のための材料開発の方向の指針を得ると共に、その指針に基づいてLIBの材料の革新を目指す。</p> <p>④ 革新型蓄電池開発  EVの本格的普及に向けて、現行のLIBのエネルギー密度を飛躍的に向上させた、500Wh/kgのエネルギー密度を目指す革新型蓄電池の研究を行う。</p>									
事業の計画内容	主な実施事項	H21	H22	H23	H24	H25	H26	H27	総額	
	高度解析技術開発									
	電池反応解析									
	材料革新									
	革新型蓄電池開発									
開発予算 (会計・勘定別に事業費の実績額を記載) (単位:百万円)	会計・勘定	H21	H22	H23	H24	H25	H26	H27	総額	
	一般会計									
	特別会計 (電源・需給の別)	2850	2833	2588	3711	3090	3000	3000	21000	
	加速予算 (成果普及費を含む)		345	248	145					
	総予算額	2850	3178	2836	3856	3090	3000	3000		
	契約種類: ○をつける 委託 ( ) 助成 ( ) 共同研究 (○)	(委託)								
	(助成)									
負担率 100%	(共同研究) :負担率△/□	100/100	100/100	100/100	100/100	100/100	100/100	100/100	100/100	
開発体制	経産省担当原課	資源エネルギー庁 省エネルギー・新エネルギー部 新エネルギー対策課								
	プロジェクトリーダー(PL)、グループリーダー(GL)	PL 小久見善八 (国) 京都大学産官学連携本部特任教授 GL 内本喜晴 (国) 京都大学人間環境学研究科教授 GL 安部武志 (国) 京都大学工学研究科教授 GL 辰巴国昭 (独) 産業技術総合研究所 ユビキタスエネルギー研究部門 副研究部門長 GL 山木準一 (国) 京都大学産官学連携本部特定教授								

	委託先（*委託先が法人の場合は参加企業数および参加企業名も記載）	<p>(国) 京都大学、(国) 東北大学、(国) 東京工業大学、(学) 早稲田大学、(国) 九州大学、(学) 立命館、(独) 産業技術総合研究所、(財) ファインセラミックスセンター、大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構、(国) 名古屋大学、(国) 茨城大学、(独) 日本原子力研究開発機構、(国) 北海道大学、(学) 東京理科大学、(国) 横浜国立大学、(公) 兵庫県立大学、(株) GSユアサ、新神戸電機(株)、トヨタ自動車(株)、(株) 豊田中央研究所、日産自動車(株)、パナソニック(株)、(株) 日立製作所、日立マクセル(株)、(株) 本田技術研究所、三菱自動車工業(株)、三菱重工業(株)、ソニー(株)、日本軽金属(株)</p>
情勢変化への対応	<p>次世代の蓄電池開発において欧米をはじめ中国韓国などを含めて、国家主導で電動車両及び蓄電池に対して普及施策が展開され、激しい開発競争が繰り広げられている。また、電動車両の普及はエネルギーの多様化、CO<sub>2</sub>削減などの社会的影響が極めて大きい。革新的な電池においては従来の単なる延長線のアプローチでは到達が難しい。</p> <p>・原子力事故・震災からの再生    ・円の変動/空洞化抑制    ・電力供給不安の解消</p> <p>などを起点として閣議決定された「日本再生戦略」(2012年7月)におけるグリーン成長戦略により「蓄電池戦略」が示された。その主な内容は、2020年蓄電池市場の5割規模のシェア(日本企業)および電気自動車の航続距離を2020年までに2倍(240~400km)などであるが、これについては本研究開発事業の目標：解析プラットフォームの充実と産業への適用及び革新型蓄電池の開発の確実な推進を図ることで早期に確実に産業貢献につなげていけるよう加速する。</p> <p>また、LIB第二世代のみでなく革新電池開発における世界主要国の国家的プロジェクト又は民間研究の加速充実(世界的競争の激化)に対しては、各研究の狙い・位置づけ成果を把握した上で本研究開発事業のいち早く高い目標でスタートして成果を築いてきた先行アドバンテージを失うこと無く推進する。特に、迅速に際立たせる必要が生じた項目については適切な体制・体系強化及び焦点を定めた研究をより前に進め、さらなるスピードアップを図ることで対応する。</p> <p>国内においても各省庁で編成したポストLIBも題材とした研究事業が数点設定されているが、相互の研究目標・位置づけを吟味し、これも当該プロジェクトのミッション・先行性を確実に活かした上で、必要に応じて棲み分け・協力することも視野に入れ相互に高め合うように展開を図るよう推進する。</p>	
中間評価結果への対応	<p>平成23年度に実施した中間評価(1回目)の指摘の要点は以下である。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・最終目標に向けての筋道と、各グループの役割分担を明確化</li> <li>・RISING体制の増強の必要性</li> <li>・研究成果の知財権利化、公開・非公開の峻別の仕組みを早期構築</li> <li>・先端の解析技術を駆使して反応原理の解明に取り組む研究手法の加速の促進</li> </ul> <p>上記の指摘に対し、下記の対応を図った。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・革新電池への取り組み・連携強化</li> <li>・追加公募による体制強化</li> <li>・マネジメント強化(運営・知財・広報)</li> <li>・先端解析技術の構築を加速(専用ビームライン建設など)</li> </ul>	
評価に関する事項	事前評価	平成20年度実施 担当部 燃料電池・水素技術開発部(当時)
	中間評価	①平成23年度 中間評価実施      ②平成25年度 中間評価実施
	事後評価	平成28年度 事後評価予定

<p>Ⅲ. 研究開発成果について</p>	<p>1. 全体成果</p> <p>(1) 解析プラットフォーム確立による産業展開  様々な蓄電池反応の時間・空間階層構造を横断する総合的な解析プラットフォーム構築によって開発した分析手法を用い、LIBの不安定反応・現象のメカニズムを解明し、その解決を図った。また、革新型蓄電池開発にも開発解析技術の活用を図り、課題の解明に役立てた。さらに蓄電池産業の国際競争力維持・向上のために開発技術の技術移転など産業貢献を展開。</p> <p>(2) 革新型蓄電池の研究開発  亜鉛-空気電池、ナノ界面制御電池、硫化物電池について課題抽出とその解決法より、300Wh/kgの見通しとその道筋を明らかにした。また、有望な電池材料系を抽出した。</p> <p>2. 個別成果</p> <p>各機能グループ毎の成果を以下に示す。</p> <p>(1) 高度解析技術開発</p> <p>① シンクロトロン放射光をプローブとする解析技術開発  世界最高性能で充放電装置およびドライルームを備えた専用ビームラインを完成させた。主に、共焦点法による位置分解“その場”観察(XRD)、作業温度可変下での計測技術(XAFS・XRD)、軟X線“その場”計測技術(XAFS)などの高度計測技術の開発により、特に蓄電池界面における現象の解明などの成果が得られた。</p> <p>② 中性子をプローブとする解析技術開発  化学実験室を備えた専用ビームライン完成の下、円筒型電池での“その場”中性子回折により実用電池での正負極同時観察・反応分布など測定技術を開発し、蓄電池の現象解明に応用した。</p> <p>③ 核スピンをプローブとする解析技術  二重共鳴法を用いた<math>{}^6\text{Li}/{}^7\text{Li}</math>同時“その場”NMR、多孔体中での液体イオン化拡散係数により電極・電解液の劣化評価などに反映した。</p> <p>④ 計算科学に基づいた解析と材料シミュレーション  活物質の格子欠陥安定性評価の技術開発を行い、材料置換や被覆の効果予測に資した。</p> <p>(2) 電池反応解析</p> <p>① 充放電前後の高電位正極薄膜をex situで電流検出型原子間力顕微鏡観察することに成功した。in situ測定系を構築する見通しを得た。</p> <p>② 電解液中のMn、Fe、Co、Niイオンによって黒鉛負極の充放電性能が低下すること、および電解液用添加剤によって劣化を抑制できることを明らかにした。これらの遷移金属イオンに対して界面抵抗値を<math>500\ \Omega\ \text{cm}^2</math>以下まで低減可能な添加剤を見出した。</p> <p>③ 難燃性電解液用の共溶媒を検討した結果、<math>\text{Li}^+</math>との相互作用と黒鉛負極の放電容量に相関があることを見出した。</p> <p>④ プローブを配置したラミネートセルを作製し、電解液を1スペクトル/分で高速in situ Raman測定するための測定系を構築した。これを用いて電解液のin situ Raman測定を行った結果、Raman散乱ピーク強度が充放電に同期して変動することが明らかになった。</p> <p>⑤ 電気化学的応答測定の前提となる充放電過程における膜形状の変化および構造変化について詳細な検討を行った。</p> <p>⑥ 収差補正STEMによる正極粒子の表面修飾物質の付着状態の解析に成功した。</p> <p>(3) 材料革新</p> <p>① 黒鉛系負極とLi過剰系正極にて、ラミネートセルにおいて268Wh/kgを形成し、300Wh/kg級電池の実証の見通しを得た。</p> <p>② 多孔質構造のための突起構造として、錐状では先端部の応力集中が激しいことが確認され、応力集中緩和を可能にする新形状によるサイクル寿命増大の示唆を得た。</p> <p>③ S系電池でアモルファス-<math>\text{TiS}_4</math>正極が自己放電解消に有効な事を見出し、電解液中で579mAh/gの初期可逆容量を実証した。</p> <p>④ オキシフルオライド系の拡張として、中間目標達成に資する高容量系を合成し、さらにLi含有<math>\text{FeOF}</math>の可能性のある化合物を得た。</p> <p>⑤ Li過剰系として既合成化合物の相関系の整理、さらには構造内のLi量の定量化が進み、合成条件の最適化によって中間目標まで90%の容量まで高容量化を進めた。</p> <p>(4) 革新型蓄電池開発</p> <p>① 亜鉛-空気電池の亜鉛極で、電解液最適化により、長寿命化の見通しを得た。</p> <p>② ナノ界面制御電池で添加物効果を確認し、溶解度制御の方針が正しいことを証明した。</p> <p>③ ナノ界面制御電池でハロゲン正極で充放電可能な電解液を見出し、有望系を設定した。</p>
----------------------	---





	<p>以上より、電池の劣化メカニズム解明による実用 LIB の耐久性向上の見通し、および実用化に資する高エネルギー密度を具備する電池の技術課題解決の見通しを着実に得ている。</p> <p>【波及効果について】</p> <p>本研究事業での研究開発成果を自動車に導入すれば、起動時・超低負荷時および高負荷領域での二次電池作動と回生制御が可能となるため、電動自動車の最大の特長である高効率性とクリーンさを最大限発揮でき、電動自動車の導入が促進される。乗用車車種別普及政府目標の構成を次世代自動車へ加速することが可能となる。仮に 2030 年に全て電気自動車に代替されたとした場合、CO<sub>2</sub>削減量は 171 百万 t となり（環境省統計値平成 23 年速報値は全体 1,307 百万 t）、平成 23 年度比で約 13%減、COP3 基準年比で約 15%減の寄与が見込まれる。</p> <p>また、本研究事業では、多様な専門家が結集して、多様なアプローチで一つのゴールに向かうことにより、新しい基礎科学分野の開拓にも波及することが期待できる。本研究事業の参画機関は、世界一の技術を狙う中で高度解析技術・材料開発技術・新概念構成技術のアプローチ、および競合企業とも力を合わせて展開するなどの経験を通じてノウハウを蓄積することで、技術力を向上させることができる。また、蓄電池の技術は化学、電気化学、材料（有機・無機材料）など広範囲で高度な設計技術の裾野を必要とし、かつ高度な製造技術も必要となる。本研究事業を通じて技術立国日本の将来を担う若手工学技術者の育成を促進できる。</p> <p>研究拠点は、プロジェクト実施期間中は勿論のこと、終了後においても、関連機関との連携の元、基礎技術開拓を継続できるような、世界をリードする拠点としても重要な役割を果たす。</p> <p>（2）実用化に向けた具体的取り組み</p> <p>本研究事業には電池メーカーや自動車メーカーが研究拠点到結集して緊密な協調のもとに研究開発を行っている。電池解析評価手法の開発を通じて、LIB 内部における反応メカニズムを明らかにするとともに、得られる知見から材料や電池の新規材料、特性改良や新概念を確立し、ポスト LIB につながる技術の芽を見出している。このため、開発終了時もしくは途中段階において、参画企業は本研究事業の成果を容易且つ速やかに共有することが出来る。</p> <p>本研究事業で開発された各種高度解析技術・電池反応解析技術を駆使して、LIB の反応場を可視化に近いレベルまで引き上げることで、従来では把握できなかった反応メカニズム・劣化機構の解明を行い、参画企業の LIB にイノベーションがもたらされる。さらに、進化した解析技術を材料および電池研究に活用して新規材料の創出の指針とし、電池反応メカニズム解明を耐久性・安全性向上へとつなげることが出来る。具体的には、短中期的には放射光・中性子専用ビームラインを用いた解析およびラポレベルの解析などによる、従来では計測できなかった技術が本研究事業で確立され次第、参画企業にて開発中の活物質系や合剤電極および電池セルへの適用することによって実用化が進められる。</p>	
<p>V. 基本計画に関する事項</p>	<p>作成時期</p>	<p>平成 21 年 3 月 制定</p>
	<p>変更履歴</p>	<p>平成 23 年 7 月 根拠法の改正 平成 24 年 4 月 第 1 回中間評価の指摘を踏まえた改訂</p>

# 技術分野全体での位置づけ

(分科会資料6-1より抜粋)

**1.1.1 NEDO事業としての妥当性 - 研究開発政策およびエネルギー政策上の位置づけ-** 公開

**本事業はエネルギーイノベーションプログラムの一環として実施**

「第3期科学技術基本計画(平成18年3月閣議決定)」において、「電源や利用形態の制約を克服する高性能電力貯蔵技術」が戦略重点科学技術として明記。

第3期科学技術基本計画 分野別推進戦略 V. エネルギー分野 (3) 戦略重点科学技術  
 ⑨電源や利用形態の制約を克服する高性能電力貯蔵技術  
 エネルギーの安定供給や地球環境問題に対応するためには、**石油燃料を必要としない電気自動車の実用化、あるいは、現在普及が進むハイブリッド車の本格普及に向け、低コストで高出力・高エネルギー密度、高耐久性の蓄電システムが不可欠である。**

「経済成長戦略大綱(平成18年7月財政・経済一体改革会議決定)」において、産学官連携による世界をリードする新産業群の創出として次世代自動車用電池の必要性、世界最先端のエネルギー需給構造の実現として次世代クリーンエネルギー自動車の技術開発の重要性が明記。



1. 我が国の国際競争力の強化  
 (2) 産学官連携による世界をリードする新産業群の創出  
 「新産業創造戦略」における燃料電池、～略～、**新世代自動車向け電池**、～略～などの潜在的な新産業群の実現を目指す。  
 3. 資源・エネルギー政策の戦略的展開  
 (1) 世界最先端のエネルギー需給構造の実現  
 ② 運輸エネルギーの次世代化  
 燃費基準改定などを通じた自動車の燃費改善促進、～略～、**電気自動車**や燃料電池車など**次世代クリーンエネルギー自動車に関する技術開発**と普及促進などを通じ、運輸エネルギーの石油依存度を、2030年までに80%程度とする環境を整備する。

事業原簿 p.1~4 1-3/10

---

**1.1.4 NEDO事業としての妥当性 - NEDOが担う蓄電池関連事業と本研究事業の位置づけ-** 公開

NEDOは、企業単独ではリスクが高く実用化に至らない蓄電技術について、ナショナルプロジェクトとして基礎～応用・実用化開発までを包括的に推進している。

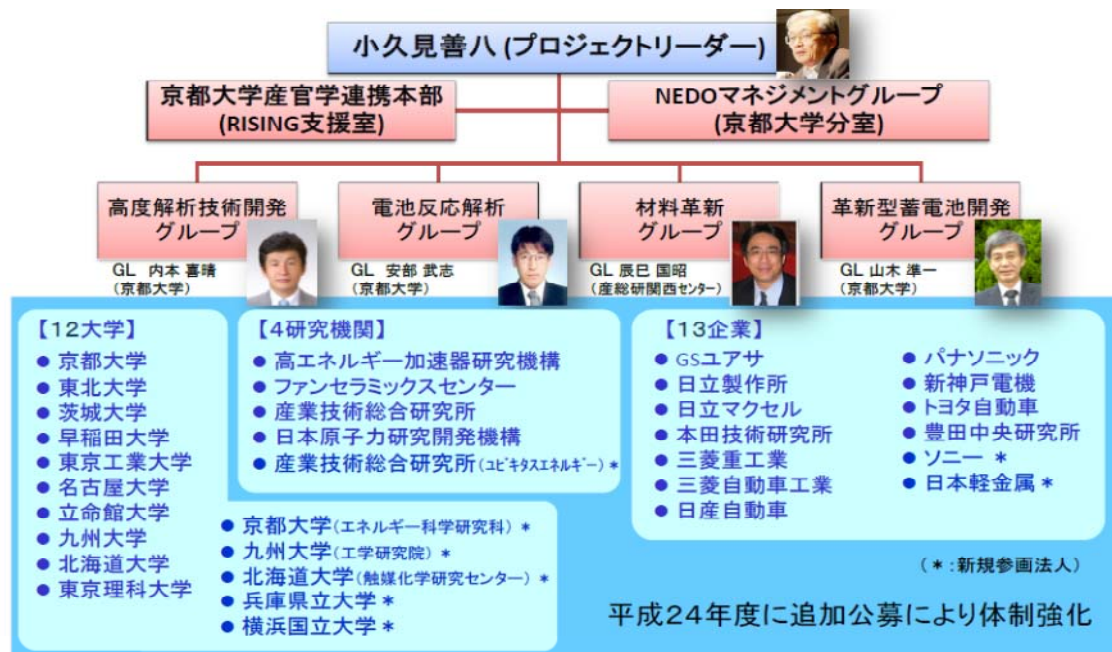
↑	実用化/実証	<b>&lt;車載用&gt;</b>  リチウムイオン電池応用・実用化 先端技術開発事業(H24-H28FY) ●材料・セル・モジュール開発(2/3助成) ●LIBの応用技術開発(1/2助成) 25FY 22億円	<b>&lt;定置用&gt;</b>  安全・低コスト 大規模蓄電システム 技術開発(H23-H27FY) ●大型蓄電池の要素技術・システム開発・実証(2/3助成) ●劣化診断技術開発(委託) 25FY 17億円
↑	応用技術開発	<div style="border: 2px solid red; padding: 5px;"> <b>本事業</b> 革新型蓄電池先端科学基礎研究事業 ~RISING~(H21-H27FY)                      ●高度解析技術の開発と電池反応解析                      ●高信頼性電池に要求される材料特性の把握と開発指針の提示                      ●革新型蓄電池の開発                      25FY 31億円                 </div>	
↑	要素技術開発	次世代蓄電池材料評価技術開発(H22-H26FY) ●電池材料の共通評価手法の確立(2/3助成) 25FY 3.2億円	
↑	基礎・基盤技術開発	先進・革新蓄電池材料評価技術開発(H25-H34FY) ●電池材料の共通評価手法の確立(委託) 25FY 3.9億円	

⇒ 複数の国プロを整合して進めるにはNEDOのマネージメントが不可欠。

事業原簿 p.5(図1.1-5) 1-6/10

「革新型蓄電池先端科学基礎研究事業」

全体の研究開発実施体制



# 「革新型蓄電池先端科学基礎研究事業」(中間評価)

## 評価概要(案)

### 1. 総論

#### 1) 総合評価

産官学のオールジャパン体制で我が国の蓄電池研究を代表する大プロジェクトであり、NEDOが推進するに相応しい。プロジェクトリーダーの強力な指揮のもと、グループリーダーが着実にグループをまとめ、研究を効率的に進める体制ができており、プロジェクト全体を着実に運営している。また、国際的水準から見ても他の追従を許さないオンリーワンの高度な解析評価技術を確立するとともに、これをベースとして革新型蓄電池開発においても理論的側面から高度なアプローチを行い高い成果を得つつある。加えて、幅広く国内の主要な電池関連企業や大学の参加を得て、日本全体としての取り組みにまで発展させており、今後も日本の電池技術を世界一の水準に維持する基盤としての役割を果たしている。また、経験的でなく、徹底した理論的側面からのアプローチが成果に結びついていることは、本プロジェクトの最終目標達成後、今までに知られていない将来電池の検討を行う際にも有効な技術の蓄積になっているものと考えられる。

「電池の解析技術及び産業展開」に関しては、放射光分析(SPring-8)を基盤とする解析プラットフォームに関して世界をリードする特筆すべき成果を上げている。

一方で、「革新的蓄電池の基礎研究」においては、電気化学システムとして活物質あたりの容量密度は出るものの、これはあくまでも電極特性にすぎず、最終目標を達成するためには、全電池としての作動を実証することが必要である。このため、トータルで見てリチウムイオン電池(以下、LIB)を凌ぐ電池を見通すには、今後さらなる具体的な開発を加速させるべきである。

なお、開発された技術は、本来広く共有されるべきものであるが、同時に内部でノウハウとして維持することは国内電池産業の優位性を確保するための貴重な資源ともなる。これらを両立する努力を行っている姿勢は評価できるが、さらに高い次元で両立するための枠組みの検討が課題と考える。

#### 2) 今後に対する提言

解析プラットフォームの継続的な研究開発と共に、革新型蓄電池の性能向上と併せ、更に計測解析プラットフォームの信頼性や精度などを高め、革新型蓄

電池の検証基盤を強固なものにして頂きたい。また高度解析グループは、「革新型蓄電池グループで開発している材料の課題抽出→開発した技術を使って解析→材料開発にフィードバック」というような、材料開発との連携を強化していくべきである。また、残されたプロジェクト期間に産業貢献を加速させることは重要であるため、ハード、ソフトの両面で、今後も研究開発を継続発展させると共に、我が国の電池開発に広く生かされ続ける制度等の形成、特に国の継続的なサポートが必要と考える。

## 2. 各論

### 1) 事業の位置付け・必要性について

本プロジェクトは、現在行われている蓄電池の性能や寿命を律速している制約要因を最新の計測解析技術を総動員して解明し、更にエネルギー密度の高い革新型蓄電池も含めて検証し、2030年に500Wh/kgの蓄電池開発を見通す科学的基盤を提供する、これまでに無い野心的なNEDO事業として評価したい。エネルギーイノベーションプログラムの目標に対して、蓄電池開発を加速する点で、十分に寄与している。特に、放射光や中性子施設に設置された専用ビームラインなど極めてレベルの高い解析プラットフォームは、民間のみでは実施できないものであり、NEDOが関与するに相応しい事業である。その成果は日本の国際競争力を大きく向上させる可能性を示しており、技術立国に対する貢献は大きい。

一方、本プロジェクトで得られた成果はプロジェクト期間を超えて重要なものとなりつつあり、早期に後継プロジェクト等の次期展開に道筋を示し、貴重な成果がプロジェクト終了とともに分散してしまうことが無いよう、配慮が必要と考える。

### 2) 研究開発マネジメントについて

世界の開發現状や日本電池産業の置かれている状況から、日本の優位性を維持した蓄電池立国を目指し、オールジャパンの開発体制で推進されていると評価する。NEDOが基礎研究拠点に常駐するなど、現場密着型のマネジメント・運営体制も良好である。I期の成果とその中間評価(2011年)を経て、II期目は新規テーマを加えた革新型蓄電池の検証に向けベクトルを揃えつつ、引き続きプロジェクト全体をうまく運営していると判断する。プロジェクトリーダーの強力な指揮のもと、グループリーダーが着実にグループをまとめ、研究を効率的に進める体制ができている。さらに、これから本格的な開発が進められる革新型電池開発にプロジェクトの資源を集中する目的で、他の3グループのグループリーダー全員をサブグループリーダーとした体制の構築も評価される。

知的財産戦略を優先し、学会発表なども抑えつつ動いている点も高く評価する。

一方、特に革新型蓄電池の基礎研究において、得られた成果の論文等への発表と知的財産の確保は両立が難しい問題であるが、成果の発表も重要であり、両立の方策の模索が望まれる。また、本プロジェクトの規模と参画する多数の組織構成メンバーの流動性を考えると、万一流出が起った場合に、特許も論文も無い場合にはプライオリティーを主張することが困難になる。例えば、解析技術においては装置の詳細設計部分を除いて特許申請をするなり、論文化によるプライオリティーの確保を進める等の対応も検討する必要があると考える。

### 3) 研究開発成果について

いずれのグループも、目標を十分に達成している。解析グループでは世界最高水準の解析技術が構築され、革新型電池開発グループでは **500Wh/kg** を見通し可能な材料、電池系が見いだされており、最終目標を達成することが期待できるのみならず、プロジェクト終了後においても、国際競争力で諸外国に大きく水をあげ、その差を維持し続けることを可能にする世界的にもオンリーワンの高度な成果が得られつつある。加えて、成果の実用化に向けた努力も着実になされており、国内の電池関連産業の競争力強化に貢献しつつある。研究開発成果も着実に国内に留保すべく、論文発表より特許出願を優先し、研究開発のノウハウもドキュメント化し参画メンバーで共有していることも評価する。

一方、開発された分析手法は、残された研究期間においてさらに実電池の分析に使い、高性能電池の設計にフィードバックし、実用電池の性能向上に生かされることが強く求められる。また革新型電池においても、半電池の材料評価にとどまっているため、全電池としてエネルギー密度を実証することが次のステージで求められる。また、何らかの制約は必要だとしても移動体用高エネルギー密度電池の開発に直接かかわらなかつた組織に対しても、得られた情報にアクセスできる枠組みの検討は、日本の産業競争力の意味からも有効だと思う。

### 4) 実用化に向けての見通し及び取り組みについて

プロジェクトは参画企業の意図も反映して運営され、実用化、出口イメージは明確になっている。技術移転をスムーズに行うことによって早期の実用化が期待できる。将来の実用化のためには、人材育成が重要な鍵を握るが、本プロジェクトの蓄電池分野での人材育成で果たす役割も大きい。

高度解析グループで開発した解析技術は、すでに参加企業での電池開発にも活用されている。革新型蓄電池の基礎技術については、革新型蓄電池開発グループで開発された有望な系の絞り込みを行う段階に来ており、将来の実用化につながる電池系の基礎的な実証が期待される。

しかしながら、実用化に向けた課題抽出が十分にできておらず、現状では実用化の見通しが十分にたてられているとはいえない。今後は課題を明確にして、実用化への開発シナリオを明確にする必要がある。

## 個別テーマに関する評価

	成果に関する評価
解析技術および産業展開	<p>解析技術に関しては、特に電極電解質界面の挙動や被膜処理による界面劣化防止、活物質内の非平衡挙動、合剤電極中の反応分布などを放射光やNMR【Nuclear Magnetic Resonance (Spectroscopy)：核磁気共鳴（分光法）】、中性子などにより多面的総合的に計測解析し、第一原理計算と合わせて現象自身を着実に捉えつつあることを高く評価したい。また、放射光を用いた実電池の in-situ 解析が行えるようになったのは画期的である。産業展開も積極的に模索し、その成果も得られつつある。今後、実電池解析を参画企業がより一層有効に活用することで、本プロジェクトの最終目標、ひいては我が国の蓄電池戦略の目標を達成することが期待される。</p> <p>一方、NMR、中性子を利用した解析でも成果は挙がっているものの他国の研究例と比べると解析技術が十分に優位とは言いがたく、今後、さらに装置とデータ解釈、電池に特化した測定法の確立の観点から強化が必要と考える。解析結果がなくとも、従来は電池性能を評価しながら最適化を重ねて製品としてきた。その従来型の最適化では手が届かない高次の電池最適化、高性能化が、本解析技術で本当に可能になるか、取り組みが問われる。</p> <p>また、計測・解析技術は、特許等で保護することが難しい分野であり、成果の最大限の活用と、ノウハウの保護方策の両立が課題となる。</p>



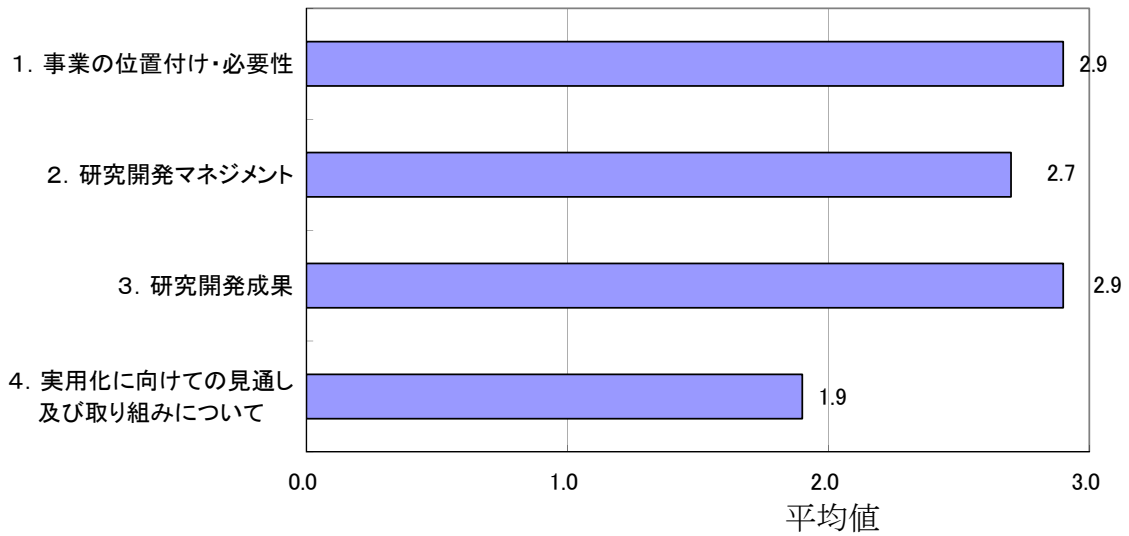
革新型蓄電池の  
基礎研究

2030年に500 Wh/kg級電池を構成できる見通しの5つの電池系（亜鉛-空気電池、ナノ界面制御電池、硫化物電池、Li-空気電池、多価金属電池）が見いだされており、順調に革新型電池開発が進められている。それぞれ抽出した問題点を克服すべく解決手段を適用しつつ、300Wh/kgの蓄電池の検証に向け、野心的に開発を進めていると評価する。また革新型蓄電池を開発する多くの場面で、高度測解析手法と有機的に連携していることも評価する。追加公募採択機関の加入によって革新電池系のラインナップが厚みを増した点も評価できる。

しかしながら、これからが開発の本番であり、革新型蓄電池開発力の真の実力が試されるフェーズに来ている。期待される5つの革新型電池は実用性という点では未知の部分が多い。実用化に対する課題を早期に明確化することも、早期実用化には必要である。計画では平成25年度中に材料を絞り込むことになっているので、絞り込みには、単にエネルギー密度だけでなく、課題の明確化と実用化の困難さの評価も必要である。また、現在得られている基礎研究の成果は、半電池の評価結果にとどまっている。最終目標に到達するためには、全電池としての作動を実証することが必要と考える。

さらに、公表を控えるべき内容と積極的に公表していくべき内容を切り分け、戦略的な論文発表によってRISINGの存在感をアピールしていただきたい。

## 評点結果 [プロジェクト全体]



評価項目	平均値	素点 (注)							
		A	A	A	A	A	B	A	
1. 事業の位置付け・必要性について	2.9	A	A	A	A	A	B	A	
2. 研究開発マネジメントについて	2.7	A	A	A	B	A	B	A	
3. 研究開発成果について	2.9	A	A	A	A	A	B	A	
4. 実用化に向けての見通し及び取り組みについて	1.9	B	B	B	B	B	C	B	

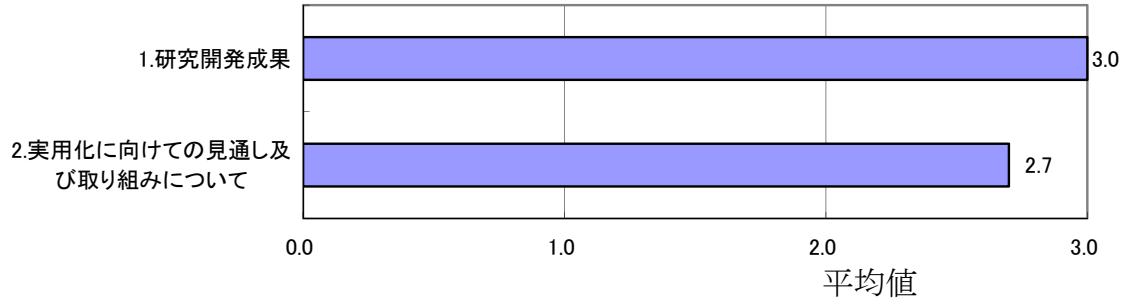
(注) A=3, B=2, C=1, D=0 として事務局が数値に換算し、平均値を算出。

### 〈判定基準〉

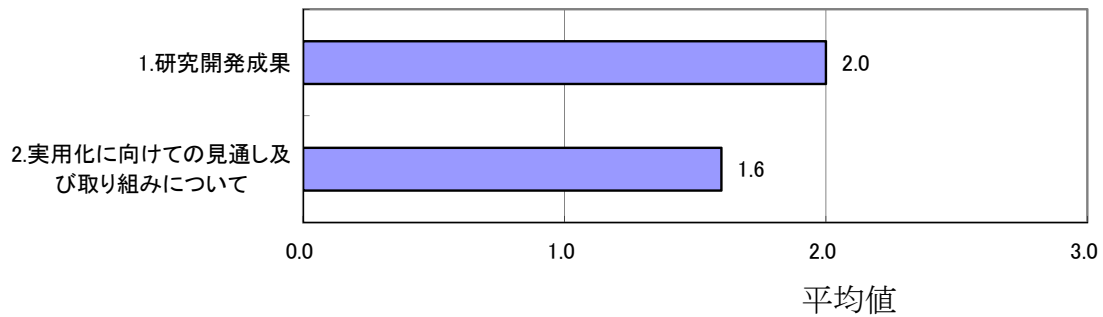
1. 事業の位置付け・必要性について	3. 研究開発成果について	
・非常に重要	A ・非常によい	A
・重要	B ・よい	B
・概ね妥当	C ・概ね妥当	C
・妥当性がない、又は失われた	D ・妥当とはいえない	D
2. 研究開発マネジメントについて	4. 実用化に向けての見通し及び取り組みについて	
・非常によい	A ・明確	A
・よい	B ・妥当	B
・概ね適切	C ・概ね妥当	C
・適切とはいえない	D ・見通しが不明	D

## 評点結果 [個別テーマ]

### 解析技術および産業展開



### 革新型蓄電池の基礎研究



個別テーマ名と評価項目	平均値	素点 (注)							
解析技術および産業展開									
1. 研究開発成果について	3.0	A	A	A	A	A	A	A	A
2. 実用化に向けての見通し及び取り組みについて	2.7	A	A	A	B	A	A	B	B
革新型蓄電池の基礎研究									
1. 研究開発成果について	2.0	B	B	B	A	B	C	B	B
2. 実用化に向けての見通し及び取り組みについて	1.6	B	B	B	C	B	C	C	C

(注) A=3, B=2, C=1, D=0 として事務局が数値に換算し、平均値を算出。

#### 〈判定基準〉

#### 1. 研究開発成果について

- ・非常によい
- ・よい
- ・概ね適切
- ・適切とはいえない

#### 2. 実用化に向けての見通し及び取り組みについて

- |   |         |   |
|---|---------|---|
| A | ・明確     | A |
| B | ・妥当     | B |
| C | ・概ね妥当   | C |
| D | ・見通しが不明 | D |

## 「革新型蓄電池先端科学基礎研究事業」に係る

### 評価項目・評価基準

#### 1. 事業の位置付け・必要性について

##### (1)NEDO の事業としての妥当性

- ・ 「エネルギーイノベーションプログラム」の目標達成のために寄与しているか。
- ・ 民間活動のみでは改善できないものであること、又は公共性が高いことにより、NEDO の関与が必要とされる事業か。
- ・ 当該事業を実施することによりもたらされる効果が、投じた予算との比較において十分であるか。

##### (2)事業目的の妥当性

- ・ 内外の技術開発動向、国際競争力の状況、エネルギー需給動向、市場動向、政策動向、国際貢献の可能性等から見て、事業の目的は妥当か。

#### 2. 研究開発マネジメントについて

##### (1)研究開発目標の妥当性

- ・ 内外の技術動向、市場動向等を踏まえて、戦略的な目標が設定されているか。
- ・ 目標達成度を測定・判断できる具体的かつ明確な開発目標を設定しているか。

##### (2)研究開発計画の妥当性

- ・ 目標達成のために妥当なスケジュール、予算（各個別研究テーマごとの配分を含む）となっているか。
- ・ 目標達成に必要な要素技術を取り上げているか。
- ・ 研究開発フローにおける要素技術間の関係、順序は適切か。
- ・ 継続プロジェクトや長期プロジェクトの場合、技術蓄積を、実用化の観点から絞り込んだうえで活用が図られているか。

### (3)研究開発実施の事業体制の妥当性

- ・ 真に技術力と事業化能力を有する企業を実施者として選定しているか。
- ・ 適切な研究開発実施体制になっており、指揮命令系統及び責任体制が明確になっているか。
- ・ 研究管理法人を経由する場合、研究管理法人が真に必要な役割を担っているか。
- ・ 目標達成及び効率的実施のために必要な実施者間の連携 and/or 競争が十分に行われる体制となっているか。
- ・ 知的財産取扱（実施者間の情報管理、秘密保持、出願・活用ルール含む）に関する考え方は整備され、適切に運用されているか。

### (4)研究開発成果の実用化に向けたマネジメントの妥当性

- ・ 成果の実用化につなげる戦略が明確になっているか。
- ・ 成果の実用化シナリオに基づき、成果の活用・実用化の担い手、ユーザーが関与する体制を構築しているか。
- ・ 全体を統括するプロジェクトリーダーが選任されている場合、成果の実用化、事業化シナリオに基づき、適切な研究開発のマネジメントが行われているか。
- ・ 成果の実用化につなげる知財戦略(オープン/クローズ戦略等) や標準化戦略が明確になっており、かつ妥当なものか。

### (5)情勢変化への対応等

- ・ 進捗状況を常に把握し、社会・経済の情勢の変化及び政策・技術動向等に機敏かつ適切に対応しているか。

## 3. 研究開発成果について

### (1)目標の達成度と成果の意義

- ・ 成果は目標を達成しているか。
- ・ 成果は将来的に市場の拡大あるいは市場の創造につながる事が期待できるか。
- ・ 成果は、他の競合技術と比較して優位性があるか。
- ・ 目標未達成の場合、達成できなかった原因が明らかで、かつ目標達成までの課題を把握し、この課題解決の方針が明確になっているなど、成果として評価できるか。
- ・ 設定された目標以外に技術的成果があれば付加的に評価する。

- ・ 世界初、世界最高水準、新たな技術領域の開拓、又は汎用性のある成果については、将来の産業につながる観点から特に顕著な成果が上がっている場合は、海外ベンチマークと比較の上で付加的に評価する。
- ・ 投入された予算に見合った成果が得られているか。
- ・ 大学又は公的研究機関で企業の開発を支援する取り組みを行った場合には、具体的に企業の取り組みに貢献しているか。

#### (2)知的財産権等の取得及び標準化の取組

- ・ 知的財産権等の取扱（特許や意匠登録出願、著作権や回路配置利用権の登録、品種登録出願、営業機密の管理等）は事業戦略、又は実用化計画に沿って国内外に適切に行われているか。
- ・ 国際標準化に関する事項が計画されている場合、得られた研究開発の成果に基づく国際標準化に向けた提案等の取組が適切に行われているか。

#### (3)成果の普及

- ・ 論文等の対外的な発表は、将来の産業につながる観点から戦略的に行われているか。
- ・ 成果の活用・実用化の担い手・ユーザー等に対して、適切に成果を普及しているか。また、普及の見通しは立っているか。
- ・ 一般に向けて広く情報発信をしているか。

#### (4)成果の最終目標の達成可能性

- ・ 最終目標を達成できる見込みか。
- ・ 最終目標に向け、課題とその解決の道筋が明確に示され、かつ妥当なものか。

### 4. 実用化に向けての見通し及び取り組みについて

#### \*実用化の考え方

本事業で開発された電池解析技術の社会的利用が開始されること。具体的には、蓄電池関連産業界において、現状の LIB 及び他の蓄電池、次世代 LIB 及びポスト LIB 等の開発・商品化に活用されること。

本事業で開発された革新型電池の基礎技術（新規材料、電池の構成・構造等）が電池関連産業界に提供され、1 チャージでガソリン車並みの航続距離を実現するポテンシャルを有した蓄電池が実現されること。

(1)成果の実用化の見通し

- ・ 実用化イメージに基づき、課題及びマイルストーンが明確になっているか。
- ・ 国際標準化に関する事項が計画されている場合、国際規格化等、標準整備に向けた見通しが得られているか。
- ・ プロジェクトの直接の成果ではないが、特に顕著な波及効果(技術的・経済的・社会的効果、人材育成等)がある場合には付加的に評価する。

(2)実用化に向けた具体的取り組み

- ・ 成果の実用化に向けて、誰がどのように引き続き研究開発に取り組むのか明確になっているか。